

Розглядаються питання зменшення споживання енергетичних, матеріальних та фінансових ресурсів при експлуатації рухомого складу міського електротранспорту за рахунок вдосконалення конструкції електрообладнання та світлових приладів транспортних засобів.

УДК 625.46: 629.4.02

В.Х. Далека, д-р техн. наук,
П.П. Говоров, д-р техн. наук.

Харківська національна академія міського господарства

В.Б. Будниченко, канд.техн.нук.
Національний транспортний університет

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СВІТЛОВИХ ПРИЛАДІВ РУХОМОГО СКЛАДУ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Постановка проблеми та її зв'язок з практичними завданнями. Науково-технічні проблеми розвитку міського електричного транспорту потребують вирішення практичних задач з максимального задоволення попиту міського населення в транспортному обслуговуванні при визначених обсягах матеріальних, енергетичних, трудових, інформаційних, фінансових та інших ресурсів. Відповідно до встановлених обсягів ресурсів повинен бути забезпечений максимально можливий рівень якості обслуговування пасажирів, що передбачає розробку методів і критеріїв оцінки якості, методів і засобів збільшення швидкості сполучення, заходів по забезпеченню безпеки руху, методів і засобів збільшення регулярності руху міського транспорту та розробку заходів по збільшенню комфортабельності і культури пасажирських перевезень [1].

В значній мірі якість обслуговування пасажирів за всіма перерахованими напрямками залежить від працездатності та ресурсоспоживання світлових приладів транспортних засобів, які забезпечують безпеку пасажирських перевезень та комфортабельність поїздки. Причому світлові прилади в сучасних умовах інтенсивного дорожнього руху в любий час доби є єдиними пристроями, що дозволяють одержувати водіям своєчасну, однозначну та надійну інформацію про учасників дорожнього руху.

У зв'язку з цим необхідно проводити модернізацію транспортних засобів, вдосконалювати конструкцію світлових приладів та системи технічного обслуговування, використовувати нові методи та обладнання для їх діагностування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що при експлуатації транспортних засобів міського електротранспорту ще недостатньо використовуються можливості їх модернізації, що можуть підвищити рівень ресурсозбереження, в тому числі і при роботі світлових приладів, особливо освітлення пасажирського салону, показників маршрутів та ін.

Для освітлення салону використовуються лампи розжарювання, або люмінесцентні лампи з підключенням до джерел постійного струму, що не дозволяє повністю використовувати їх ресурс, напівпровідникові перетворювачі струму мають малий коефіцієнт корисної дії. Крім цього люмінесцентні лампи потребують спеціальних пристроїв для їх підігріву при зниженні температури та додаткових комутаційних апаратів для зміни полярності живлення [2].

На трамвайних вагонах і тролейбусних машинах не впроваджено гальванічну розв'язку електричних кіл живлення світлових приладів та кіл керування з котушками реле та контакторів, що мають значну індуктивність [2-3], не в достатній мірі прово-

диться стандартизація і уніфікація для підвищення безпечності та надійності транспортних засобів [2-5].

На підприємствах міського електротранспорту не звертають достатню увагу на стан та перевірку систем сигналізації та освітлення, не використовують спеціальне діагностичне обладнання [2,5].

Метою даної статті є визначення основних конструктивних рішень модернізації рухомого складу міського електротранспорту для підвищення рівня ресурсозбереження при експлуатації світлових приладів рухомого складу міського електротранспорту

Постановка завдання.

Однією із основних систем рухомого складу міського електротранспорту, що безпосередньо забезпечують безпеку дорожнього руху є система зовнішніх світлових приладів. Тому з введенням в дію на території України міжнародних стандартів „Правил ЄЕК ООН № 48” та ін. [6-9] відносно вимог до зовнішніх світлових приладів дорожніх транспортних засобів актуальною стала задача визначення шляхів модернізації рухомого складу міського електротранспорту з метою уніфікації зовнішніх світлових приладів, зменшення втрат електроенергії, а також витрат матеріальних та раціонального використання трудових і фінансових ресурсів.

Крім цього актуальним для міського електротранспорту є виконання вимог нормативів до освітлення салону, підніжок, маршрутних показників [2, 10, 11], яке повинно працювати до 10 годин протягом доби в зимній період та до 3-х в літній період із загальною потужністю до 900 Вт. Середньорічні витрати для депо з випуском 100 одиниць рухомого складу тільки на освітлення складає близько 36500 грн.

Основні результати дослідження. Вирішення задачі.

До світлових приладів освітлення і сигналізації рухомого складу міського електротранспорту відносяться плафони освітлення салону, кабіни, підніжок, фари, маршрутні ліхтарі, габаритні ліхтарі, плафони освітлення підніжок, стоп-сигнали, показники поворотів (передні, бічні і задні), лампи підсвітки контрольних та вимірювальних приладів і підфарники. Ці прилади, в основному, розміщені в кабіні водія, пасажирському салоні, в передній та задній частині кузова, мають відповідну конструкцію та колір світлового потоку. Потужність окремих ламп світлових приладів рухомого складу залежить від призначення приладу і лежить в межах від 0,12 Вт (на пульті водія) до 60 Вт (фари дальнього світла).

Як приклад, технічні характеристики ламп світлових приладів та сигналізації загальною потужністю 1240 Вт тролейбусів ZiU-9 [2], що експлуатуються в різних містах України, наведено в таблиці 1.

На однаштинних тролейбусах та однагоонних трамваях інших типів кількість ламп та їх потужність має незначне відхилення від наведених в таблиці 1. Кількість світлових приладів зростає при збільшенні довжини рухомого складу, в тому числі при експлуатації за системою багатьох одиниць.

При відносно невеликій установленій потужності (для тролейбусів ZiU-9, наприклад, 1240 Вт) з урахуванням часу використання окремих приладів витрати енергетичних ресурсів для підприємств міського електротранспорту досягають значних обсягів.

При цьому витрачаються значні матеріальні ресурси, нераціонально використовуються трудові та фінансові ресурси, оскільки надійність ламп низька, а умови експлуатації рухомого складу міського електротранспорту не завжди відповідають нормативним, зокрема за станом доріг і трамвайної колії.

Досвід експлуатації, зокрема тролейбусів, свідчить, що на маршрутах з незадовільним станом дорожнього покриття, використаний ресурс ламп значно зменшується. Причому, строк експлуатації ламп з напругою живлення 12 В, що мають

Табл. 1 Технічні характеристики ламп тролейбусів 3iY-9

Тип лампи	Напруга живлення та потужність	Патрон	Кількість ламп на машині	Призначення	Загальна споживана потужність
СМ-23	28 В; 20 Вт	2Ш15к-36МК	41	освітлення салону, стоп-сигнали, маршрутні ліхтарі	820 Вт, у т.ч. освітлення салону 720 Вт
СМ-15	26 В; 10 Вт	2Ш15к-36МК	16	бічні і задні показники поворотів, освітлення кабіни, підніжок і дверей	160 Вт
СМ-28-5-2	28 В; 5 Вт	2Ш1к-36МК	6	габаритні показники	30 Вт
МН-26х0,12	28 В; 0,12 Вт	ПП1-200	8	Підсвітка приладів, сигнал дальнього світла фар	0,96 Вт
A24-32+4	24 В; 32/4 Вт	2Ш-15А	2	Передні показники поворотів і підфарники	64/8 Вт
A24+60+40	24 В; 60/40 Вт	2ФД-42	2	Фари	80/120 Вт
A24-1	24 В; 1 Вт	ПД-20К	8	Сигнальні на пульті; показник повороту	8 Вт
МН-7	87 В	2Ш15к-36МК	1	сигнальна напруги в контактній мережі	(неонові)

більшу механічну міцність нитки розжарювання, майже в два рази перевищують термін служби ламп з напругою живлення 24 В. Використання автомобільних ламп з напругою живлення 12 В на тролейбусних машинах та трамвайних вагонах, що мають бортові системи живлення 24 В, потребує додаткової проводки від половини акумуляторної батареї, додаткових елементів ізоляції самих світлових приладів та модернізації електрообладнання. Послідовне ввімкнення ламп зменшує надійність роботи, особливо сигналізації, яка дублюється.

Тому є доцільним при встановленні спеціальних перетворювачів на рухомому складі передбачати окремі схеми живлення ламп сигналізації та освітлення. Одним з варіантів підвищення строку експлуатації ламп можна рекомендувати відокремлення електричних кіл заряду акумуляторних батарей від електричних кіл споживачів за рахунок тиристора та додаткового джерела струму обмеженої потужності [4]. Впровадження спеціальних перетворювачів високої напруги (600 В) до низької напруги (24/28 В) дає також можливість використання змінної напруги для живлення люмінесцентних ламп, зокрема освітлення салону.

Для тролейбусів, що виготовляються на Україні та в Російській Федерації традиційним є наявність двохпроводної низьковольтної системи [3], тобто виконання мон-

тажу електроустаткування з ізольованими від корпусу плюсовим і мінусовим проводами живлення. Зміст цього полягає в створенні додаткової ізоляції щодо кузова для випадків попадання високої напруги на низьковольтні кола. Крім того двохпровідна система при компонуванні схем керування дозволяє не враховувати можливі випадки помилкових спрацьовувань апаратів та ламп світлових приладів через замикання на корпус. При цьому вважається, що надійність електроустаткування тролейбусів при двохпровідній системі значно вище, ніж при однопровідній.

Як свідчить досвід експлуатації тролейбусів у реальних конструкціях переваги двохпровідної системи не реалізуються, в тому числі із-за використання світлових приладів, що уніфіковані з автомобілями. Тобто двохпровідна система не служить як додаткова ізоляція в наслідок: низького (по нормативних вимогах) опору ізоляції низьковольтних проводів, що прокладаються прямо по металоконструкціях кузова; з'єднання мінусової клеми генератора з корпусом і його доробки при монтажі; застосування елементів автомобільного електроустаткування (наприклад, світлових приладів, склоочисників, гучномовних пристроїв і т.д.), розрахованих на напругу 12 В при номінальній на тролейбусах 24В; малого опору клем акумуляторів стосовно корпусу; низької напруги комутаційних апаратів і установчої арматури.

Також з точки зору ресурсозбереження, зокрема зменшення витрат кольорових металів, доцільним є використання однопровідної системи живлення, оскільки тільки на тролейбусі ЗіУ-9 при двохпровідній системі загальна довжина проводів, що з'єднують світлові прилади сигналізації та освітлення з джерелами живлення та комутаційними елементами перевищує 300 м.

На тролейбусних машинах та трамвайних вагонах не передбачено використання бортових пристроїв діагностування світлових приладів, хоча на автомобільному транспорті в даному напрямку багато питань уже вирішено.

Розглянемо принципи діагностування світлових приладів рухомого складу міського електротранспорту як відповідної системи. До системи освітлення і сигналізації транспортних засобів входять прилади, що формують світловий потік та елементи для подачі електроенергії. Принцип дії цих приладів однаковий – перетворення електричної енергії в світловий пучок визначеної структури і спектру. Світлооптична схема включає три компоненти: відбивач, розсіювач і лампу.

При технічному обслуговуванні системи освітлення і сигналізації на підприємствах електротранспорту в даний час перевіряється тільки номінально функціонування приладів системи і здійснюється регулювання світлового пучка фар.

Алгоритм і обсяг перевірок при діагностуванні системи освітлення та сигналізації на кожному транспортному засобі визначається в результаті аналізу його комутаційної схеми. Виявлення несправностей викликаних поступовим відмовленням, вимагає не тільки знання комутаційної схеми і взаємного впливу приладів один на одного, але і наявність спеціальної вимірювальної апаратури.

Для скорочення часу обслуговування системи визначення її фактичного стану необхідно проводити за алгоритмом, що реалізує метод кількісного аналізу віток структурно-слідчих зв'язків даної системи.

Структурними параметрами підсистеми освітлення, що визначають стан системи рухомого складу, є наступні незалежні величини [5]:

X_1 — стан лампи; X_2 — стан відбивача; X_3 — стан розсіювача; X_4 — стан зв'язку джерело живлення — лампа; X_5 — стан зв'язку фара-транспортний засіб.

У діагностичній задачі невідомими є параметри стану X_j , а параметри сигналу S_j , вважаються відомими.

З огляду на необхідність кількісного визначення значень S_i , діагностична задача зводиться до рішення системи:

$$\begin{cases} S_1 = F_1(X_1, \dots, X_j); \\ S_2 = F_2(X_1, \dots, X_j); \\ S_3 = F_3(X_1, \dots, X_j). \end{cases} \quad (1)$$

В окремому випадку, наприклад, при діагностуванні підсистеми освітлення, зокрема фар рухомого складу, можна розглядати три сигнали: S_1 — сила світла в напрямку характерних точок; S_2 — напруга на контактах лампи; S_3 — орієнтація світлового пучка.

Баланс енергії в будь-якому приладі підсистеми можна визначити за виразом:

$$\Phi_{ex} = \Phi_{vix} + \Phi_e, \quad (2)$$

де Φ_{ex} — світловий потік, що випромінюється лампою;

Φ_{vix} — світловий потік, що виходить з приладу;

Φ_e — втрати світлового потоку при його відбиванні, проглинанні та розсіюванні.

Так як сила світла вимірюється в межах одного тілесного кута випромінювання уздовж оптичної осі приладу підсистеми, то основне діагностичне рівняння буде мати вид:

$$S_i = I_{ex} - I_e - I_p, \quad (3)$$

де $S_i = I_{ex}$ — сила світла уздовж оптичної осі конкретного приладу;

I_{ex} — сила світла уздовж оптичної осі ідеального приладу;

I_e — зменшення сили світла через поглинання, відбивання та розсіювання;

I_p — зменшення сили світла через відхилення між осями вимірювання та випромінювання.

Якщо при діагностуванні фар трамвайного вагону або тролейбуса технічний стан відбивача, розсіювача і лампи, що визначають втрати світла в оптичному середовищі, позначити як $X_e = f(X_1, X_2, X_3)$, то систему (1) можна записати так:

$$\begin{cases} S_1 = F_1(X_e, X_4, X_5); \\ S_2 = F_2(X_e, X_4, X_5); \\ S_3 = F_3(X_e, X_4, X_5) \end{cases} \quad (4)$$

Так як стан зв'язку оптичний елемент — транспортний засіб і стан оптичного елемента не впливають на значення напруги на контактах лампи приладу, і при зміні напруги живлення орієнтація пучка не змінюється, то цю систему рівнянь можна записати лінійним чином:

$$\begin{cases} S_1 = a_{11}X_e + a_{12}X_4 + a_{13}X_5; \\ S_2 = a_{22}X_4; \\ S_3 = a_{31}X_e + a_{33}X_5; \end{cases} \quad (5)$$

де a_{ij} — показники чутливості зміни; a_{11} — сили світла до зміни оптичних властивостей компонентів світлооптичної схеми; a_{12} — загального світлового потоку до напруги на контактах лампи; a_{13} — сили світла до збігу осей випромінювання (фари) і виміру (фотоелемента); a_{22} — напруги на контактах лампи до стану струмопідводящих елементів; a_{31} — орієнтація світлового пучка до розташування компонентів світлооптичної схеми між собою; a_{33} — орієнтації світлового пучка до елементів зв'язку фара - транспортний засіб.

Ця методика може бути застосована і для підсистеми сигналізації. Однак, незважаючи на те, що принцип дії освітлювальних і світлосигнальних приладів не відрізняється один від другого, структурні параметри в них неоднакові,

Колірне кодування сигналу і можливість його (кольору) виміру дозволяють оцінити безпосередньо стан розсіювача, а жорсткий зв'язок світлосигнальний прилад — транспортний засіб виключає необхідність кількісного визначення стану підсистеми. У деяких світлосигнальних приладів, зокрема показників повороту, у ланцюг включений також додатковий пристрій - модулятор світлових сигналів, несправності якого виявляються у виді порушень форми і частоти проходження пробісків, а також у запізнюванні появи (інерційності) сигналу.

Структурними параметрами, що визначають стан підсистеми сигналізації транспортного засобу, є такі незалежні величини: X_6 — стан лампи; X_7 - стан відбивача; X_8 — стан розсіювача; X_9 — стан зв'язку лампа — джерело живлення; X_{10} — стан модулятора.

Причому параметр X_{10} характеризується параметром X'_{10} , що визначає стан ланцюга запуску модулятора, і параметром X''_{10} , який визначає ланцюг формування імпульсу світла.

Діагностичними параметрами підсистеми зовнішньої сигналізації є: S_4 - сила світла в напрямку характерних точок; S_5 — напруга на контактах лампи; S_6 - світло пучка випромінювання; S_7 — модуляція світлового пучка; S_8 — інерційність сигналу.

Так як комплексний параметр X_n характеризує втрати світла в оптичному елементі ліхтаря підсистеми сигналізації, то можна записати наступне рівняння:

$$\begin{cases} S_4 = C_{11}X_n + C_{12}X_8 + C_{13}X_9; \\ S_5 = C_{23}X_9; \\ S_6 = C_{32}X_8 + C_{33}X_9; \end{cases} \quad (6)$$

де C_{ij} (аналогічні показникам a_{ij}) — показники чутливості зміни параметра сигналу до зміни параметра стану приладу підсистеми сигналізації. У зв'язку з тим що структурні параметри X'_{10} і X''_{10} є одночасно і діагностичними, їхній безпосередній вимір одно-

значне визначає і стан модулятора. Тому зв'язок між зазначеними параметрами і їхніми сигналами можна записати у виді

$$S_7 = d_1 X'_{10}, \quad (7)$$

$$S_8 = d_2 X''_{10}. \quad (8)$$

де d_1 — показник чутливості зміни модуляції до зміни регулювання модулятора; d_2 — показник чутливості зміни часу появи сигналу в залежності від зміни стану модулятора.

Діагностування системи освітлення і сигналізації рухомого складу міського електротранспорту необхідно проводити в повному обсязі і послідовності, що дозволяє оптимізувати пошук несправного елемента системи. При цьому необхідно враховувати, що будь-який її параметр важливий, оскільки зв'язаний з безпекою руху. Така умова забезпечується функціональними зв'язками між структурними і діагностичними параметрами.

Для реалізації алгоритму діагностування системи необхідно забезпечити можливість кількісного визначення діагностичних параметрів. Для цього на підприємствах міського електротранспорту доцільно широко використовувати спеціальні технічні засоби: вимірювання параметрів та регулювання світлового пучка фар, інерційності та частоти слідування пробісків показчика поворотів, кольору сигналу, а також впроваджувати бортові системи діагностування, зокрема за величиною струму, що споживається відповідними пристроями.

Аналіз методів і технічних засобів діагностування світлових приладів освітлення і сигналізації транспортних засобів різних країн свідчить, що в основному перевірка їх технічного стану проводиться з порівняно малим періодом, необхідністю та виробничими можливостями транспортних підприємств.

Висновки. Отже підвищення рівня ресурсозбереження та безпеки пасажирських перевезень при експлуатації світлових приладів рухомого складу міського електротранспорту може бути забезпечено проведенням конструктивних, технологічних і виробничих заходів щодо поліпшення якості виробів, модернізацією електрообладнання, а також організацією оптимального обслуговування цих систем з застосуванням методів технічної діагностики.

Перспективи подальших розробок в даному напрямку потребують постійно впроваджувати досягнення науково-технічного прогресу, використовувати досвід споріднених видів транспорту, зокрема з заміни кольорових металів в системах освітлення та сигналізації на світловоди, розробки бортових систем діагностування.

Література

1. Цибулка Я. Качество пассажирских перевозок в городах: Пер. с чеш. – М.: Транспорт, 1987.- 239 с.
2. Вишник Г.В. и др. Троллейбусы ЗиУ-682Б. – М.: Транспорт, 1977. – 208 с.
3. Далека В.Ф., Коваленко В.И. Гальваническая развязка цепей электрооборудования троллейбусов // Коммунальное хоз-во городов.- Вып. 18. К.: Техніка, 1999.- С. 187-191.
4. Крутий Л.М., Пушков П.М. Совершенствование бортовой сети низкого напряжения троллейбусов. В кн. Підвищення ефективності та надійності систем міського господарства: Збірник наук. праць.- К.: ІСДО, 1994. – с. 157 - 160.
5. Ройтман Б.А. Обслуживание автомобильных приборов освещения и сигнализации. – М.: Транспорт, 1979. – 32 с.

6. ДСТУ UN/ECE R 48 – 02:2002 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів стосовно установаження пристроїв освітлення та світлової сигналізації (Правила ЕЭК ООН № 48-02: 2001, ITD).

7. ДСТУ UN/ECE R 8-04:2002 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження автомобільних фар з асиметричними вогнями ближнього світла та (або) вогнями дальнього світла, призначених для використання з галогенними лампами розжарення (H₁, H₂, H₃, HB₃, HB₄, H7, H8, H9, HIR1, HIR2 та (або) H₁₁) (Правила ЕЭК ООН № 8-04:1993, IDT).

8. ДСТУ UN/ECE R 7-02:2002 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження підфарників, задніх габаритних (бокових) вогнів, стоп-сигналів і контурних вогнів дорожніх транспортних засобів (за винятком мотоциклів) та їхніх причепів (Правила ЕЭК ООН № 7-02:1992, IDT).

9. ДСТУ UN/ECE R 6-01: 002 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження показників повороту дорожніх транспортних засобів та їхніх причепів (Правила ЕЭК ООН № 6-01:1993, IDT).

10. ГОСТ 8802 --78 Вагоны трамвайные пассажирские. Технические требования. – Введ.01.01.79.-М:Изд-во стандартов, 1978. – 16 с.

11. Правила експлуатації трамвая і тролейбуса. Введено в дію з 16.03.1997.- К.: Держжитлокомунгосп, 1997.- 108 с

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРО- ТРАНСПОРТА

В.Ф. Далека, Ф.П. Говоров, В.Б. Будниченко

Рассматриваются вопросы уменьшения потребления энергетических, материальных и финансовых ресурсов при эксплуатации подвижного состава городского электротранспорта за счет совершенствования конструкции электрооборудования и световых приборов транспортных средств.

INCREASE OF RESOURCE-SAVING LEVEL UNDER EXPLOITATION OF LIGHT FACILITIES OF URBAN ELECTRICAL TRANSPORT ROLLING STOCK

V.F. Daleka , F.P. Govorov , V.B. Budnichenko

The issues of the consumption decrease of energetic, material and financial resources under exploitation of the urban electrical transport rolling stock by upgrading and updating both electric equipment and light facilities construction are considered.